

Het verloop van de achtergrondverdroging in de tijd
Arbitragecommissie Terwisscha

H. Langman
C. van den Akker
C. Maas

15 X 11

1. Inleiding

In de omgeving van de winning Terwisscha is door verschillende oorzaken de grondwaterstand in de loop der jaren gestadig gedaald. Voor een schaderegeling is het vanzelfsprekend belangrijk om te weten in hoeverre de winning daarvoor verantwoordelijk is. Het deel van de daling dat aan andere oorzaken dan de winning ligt wordt *achtergrondverdroging* genoemd. Partijen in de arbitragezaak Terwisscha zijn de volgende definitie overeengekomen:

Achtergrondverdroging is dat deel van de opgetreden freatische grondwaterstandsverlaging in het gebied met een straal van 7 km rondom het pompstation Terwisscha dat sinds de aanvang van de winning op dit pompstation niet kan worden toegeschreven aan de onttrekking van grondwater door Vitens of haar rechtsvoorgangers.

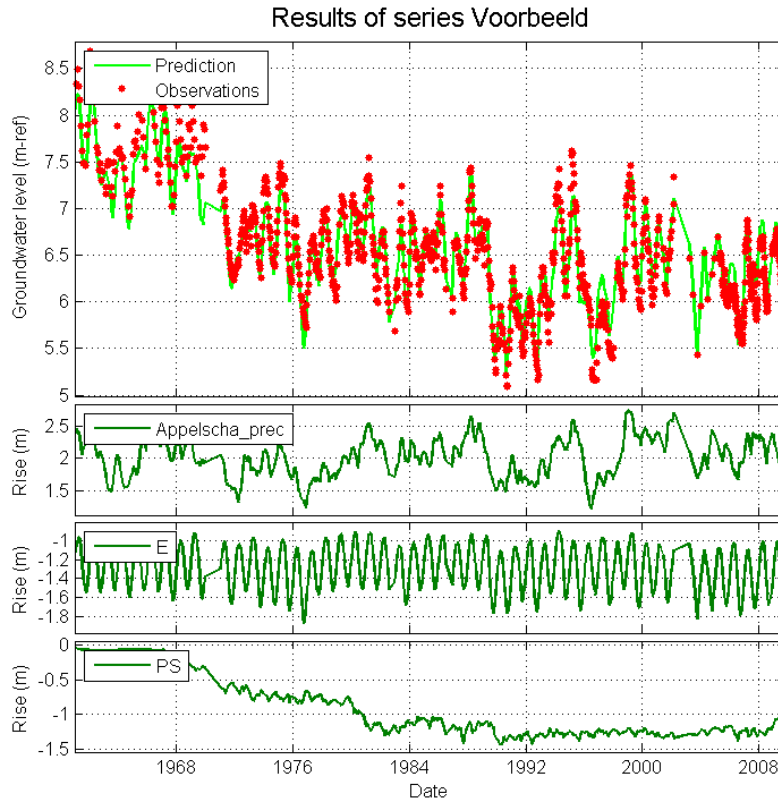
Het begrip *grondwaterstandsverlaging* verdient een toelichting. Onder invloed van neerslag en verdamping stijgt en daalt de grondwaterstand voortdurend. Er is sprake van een *grondwaterstandsverlaging* als de grondwaterstand minder hoog stijgt of verder daalt dan op grond van het verloop van de neerslag en de verdamping verklaarbaar is.

In een eerder memorandum *Grondwaterwinning en achtergrondverdroging in de omgeving van Terwisscha* heeft de arbitragecommissie op basis van voorgaand onderzoek - aangevuld door een eigen analyse van het verloop van de grondwaterstand - de invloed van de winning op de stijghoogte van het grondwater vastgesteld, voor de watervoerende laag waaraan het grondwater onttrokken wordt. Daarbij is tevens geconstateerd dat tussen 1961 (toen de winning begon) en 1991 (toen de winning min of meer zijn huidige omvang bereikte) de achtergrondverdroging ca 30 cm bedragen heeft. Strikt genomen is dit niet de achtergrondverdroging uit de definitie, want die spreekt van *freatische* grondwaterstandsverlaging. We komen op dit punt terug in paragraaf 7. Voor een schaderegeling is het van belang om het *verloop* van de achtergrondverdroging *in de tijd* te kennen. Omdat voorgaande onderzoeken daarin zeer onvoldoende inzicht boden heeft de commissie ook daarnaar zelf een onderzoek ingesteld. Dit memorandum beschrijft het resultaat.

2. Methode

In de wijde omgeving van Terwisscha wordt al sinds lange tijd in een groot aantal peilbuizen de grondwaterstand waargenomen. Door middel van *tijdreeksanalyse* kan een gemeten grondwaterstandsreeks ontbonden worden in deelreeksen die aan verschillende oorzaken zijn toe te schrijven, mits ook het tijdsverloop van die oorzaken gemeten is. Figuur 1 geeft een voorbeeld. In dit geval is een deel van de grondwaterstandsreeks "verklaard" door het verloop van de neerslag, de verdamping en de winning. Het deel dat overblijft wordt residueels genoemd (figuur 2, de snel fluctuerende grijze lijn). Een residueels wordt verkregen door de invloeden van neerslag, verdamping en winning af te trekken van de meetreeks. Als het tijdreeksmodel perfect zou zijn, dan zou de residueels de deelreeks zijn die het gevolg is van alles behalve neerslag, verdamping en winning. In dit geval zou hij dus het verloop van de achtergrondverdroging voorstellen. Als echter het tijdreeksmodel de grondwaterstandspieken en -dalen die het gevolg zijn van neerslag, verdamping en winning niet precies op het juiste tijdstip berekent, dan levert dat bij aftrekken van de meetreeks extra pieken en dalen op, die elkaar snel opvolgen.

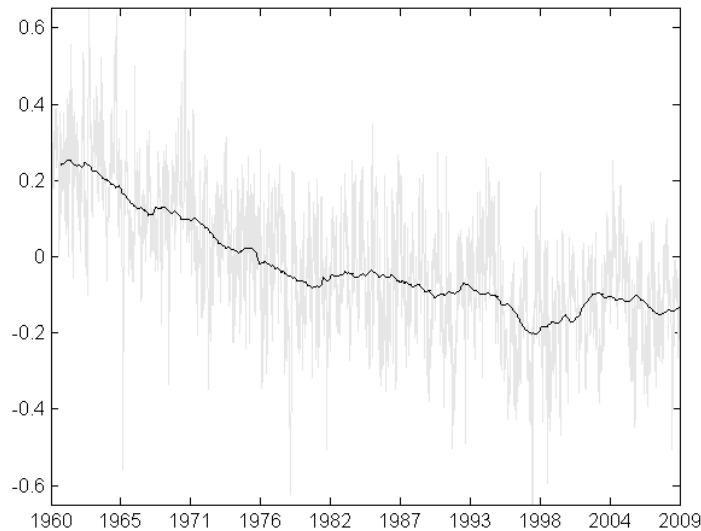
Helaas zijn tijdreeksmodellen van grondwaterstandreeksen niet perfect. De neerslagreeks, bijvoorbeeld, die gebruikt wordt om een deel van het verloop van de grondwaterstand te verklaren, komt van een meteostation in Appelscha. Een bui die daar gevallen is zal in het algemeen niet tegelijkertijd nabij de peilbuis gevallen te zijn, en andersom. Dat soort tekortkomingen verklaart het zenuwachtige gedrag van de residueels, figuur 2.



Figuur 1: Ontbinding van een gemeten grondwaterstandsreeks (rode punten, bovenste grafiek) in deelreeksen die het gevolg zijn van neerslag, verdamping en grondwaterwinning.

Maar in grote lijnen zal het wel kloppen: als het slecht weer is in Appelscha is het hoogstwaarschijnlijk in de wijde omgeving ook zo. Het is dus niet te verwachten dat fouten van dit type een *trendmatige* fout in de residureeks opleveren. Hun invloed is te verzachten door van de residureeks een voortschrijdend gemiddelde te nemen. Daarbij wordt op ieder tijdstip in plaats van de waarde van het residu een gemiddelde waarde geplott, berekend over een zekere tijdspanne rondom dat tijdstip. De grootte van de tijdspanne bepaalt in hoeverre de foute pieken en dalen worden uitgemiddeld. Een nadeel is wel dat pieken en dalen die wél in de residureeks horen te zitten - omdat ze niet door neerslag, verdamping of grondwaterwinning veroorzaakt worden - ook afgevlakt worden. Een geleidelijke trend is echter voor deze bewerking weinig gevoelig, zoals men gemakkelijk beredeneren kan.

Figuur 2, *zwarte lijn*, geeft een voorbeeld van een residureeks die op deze manier is gladgestreken. In dit geval is de afgevlakte reeks het 5-jarig lopend gemiddelde van de oorspronkelijke reeks, die in figuur 2 met een grijze lijn is weergegeven. De zwarte lijn vertoont nog steeds schommelingen, die waarschijnlijk toch nog aan onvolkomenheden van het model geweten moeten worden. Zoals straks zal blijken komen ze binnen en buiten de invloedssfeer van de winning in dezelfde mate voor, zodat ze in elk geval niet - of niet noemenswaardig - aan een gebrekkig berekende invloed van de winning toe te schrijven zijn. We beschouwen daarom de gladgestreken reeks hierna als een goede benadering van het verloop van de achtergrondverdroging. We nemen voor lief dat er nog wat hobbels in zitten die wellicht niet aan achtergrondverdroging te wijten zijn.



Figuur 2: Voorbeeld van een residureeks. De grijze lijn geeft de afwijking tussen "prediction" en "observations" uit het bovenste plaatje van figuur 1. Let erop dat de verticale schaal nu sterk is uitvergroot. De zwarte lijn is een gladgestreken versie van de grijze lijn, die verkregen is door van de residureeks het vijfjarig lopend gemiddelde te nemen.

2. Selectie van peilbuizen

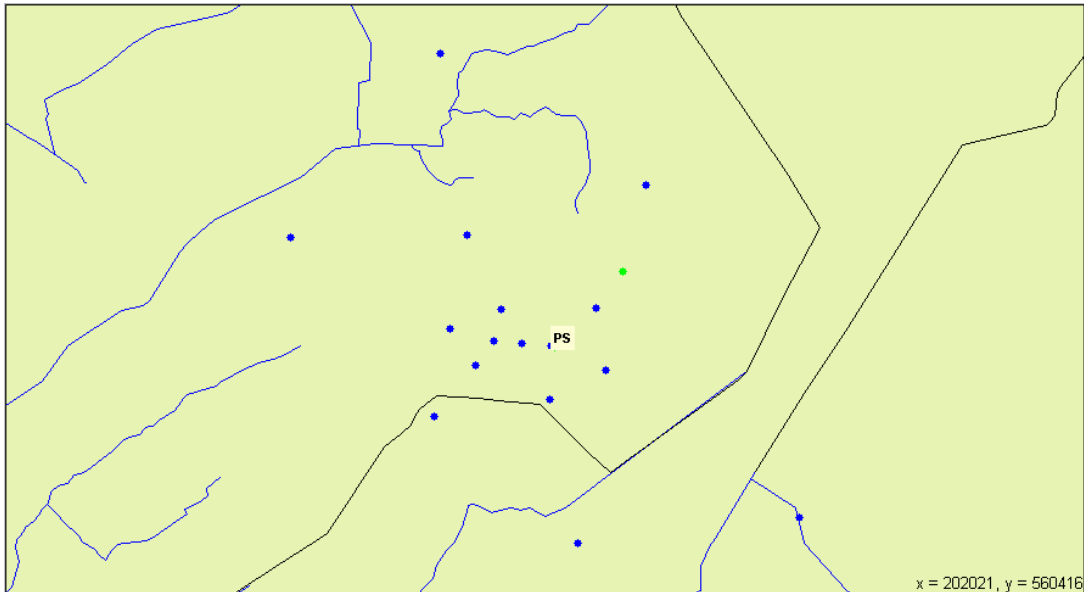
We zijn geïnteresseerd in het verloop van de achtergrondverdroging vanaf 1961 (het jaar waarin de winning begon) tot zo recent mogelijk. Onder de vele honderden peilbuizen die tegenwoordig in de wijde omgeving van Terwisscha staan zijn er maar weinig waarvan de waarnemingsreeksen zo'n lange periode bestrijken. Om toch een redelijk aantal over te houden breidden we ons zoekgebied uit tot 10 km rondom de winning (in plaats van de 7 km die in de definitie van achtergrondverdroging genoemd is).

Van de geselecteerde peilbuizen zijn tijdreeksmodellen opgesteld, waarmee het mogelijk was om de invloed van neerslag, verdamping en winning afzonderlijk te bepalen, zodat er residureksen overbleven om glad te strijken. Niet alle grondwaterstandsreeksen waren daarvoor geschikt. Een klein deel van de tijdreeksmodellen doorstond de bestaande toetsen van betrouwbaarheid niet, waardoor de bijbehorende reeksen moesten vervallen. Wat precies de oorzaak van de onbetrouwbaarheid is hebben we niet achterhaald. In één geval weten we zeker dat het om systematische fouten in de waarnemingen ging (of in de verwerking van de waarnemingen) maar we waren niet in staat om de fout te herstellen. In enkele andere gevallen vermoedden we hetzelfde, maar we hebben het niet meer nagetrokken.

Enkele residureksen weken qua verloop zozeer af van alle andere dat we ze eveneens buiten beschouwing gelaten hebben. Het zou kunnen zijn dat de desbetreffende peilbuizen in de buurt van bijvoorbeeld een lokale grondwaterwinning stonden. Hoewel de verlaging tengevolge van lokale oorzaken (niet zijnde een winning van Vitens) volgens de definitie tot achtergrondverdroging hoort wilden we aan zulke reeksen toch geen algemene conclusies verbinden.

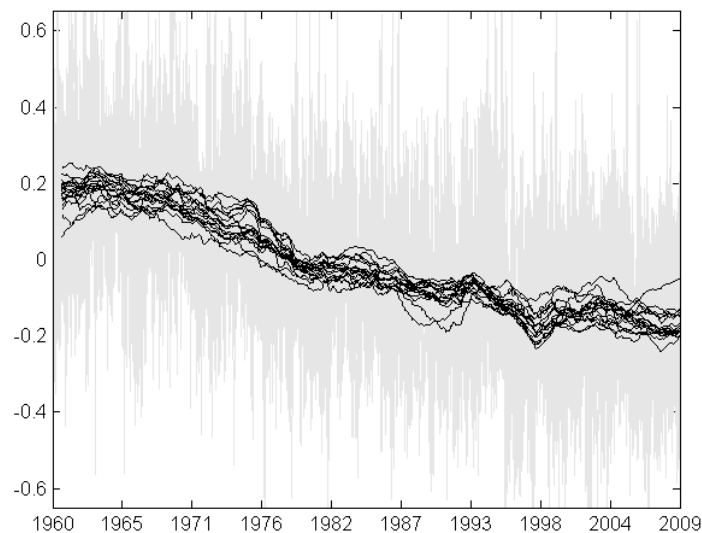
Er bleven 17 peilbuizen over, waarvan de ligging is weergegeven in figuur 3. Van deze peilbuizen hebben we filters geselecteerd die in de watervoerende laag gesteld staan waaraan de winning zijn water onttrekt.

3. Resultaat



Figuur 3: Ligging van de 17 peilbuizen die gebruikt zijn om het verloop van de achtergrondverdroging vast te stellen. De verste peilbuizen staan bijna 10 km van het pompstation, dat zich in de linker onderhoek van het label PS bevindt. (Eén van de peilbuizen valt juist onder het label).

Figuur 4 geeft in zwart de 17 gladgestreken residulijnen weer. Het lopend gemiddelde is berekend over een periode van vijf jaar. Omdat er geen objectief jaartal bestaat waarop de achtergrondverdroging begon, is iedere lijn zo getrokken dat zijn gemiddelde over de beschouwde periode nul is. De absolute hoogteligging van de lijnen is dus subjectief, maar de helling van de lijnen is wel correct. Die is dus te gebruiken om het verloop van de achtergrondverdroging in de tijd vast te stellen. Globaal genomen is er inderdaad een trendmatige daling te zien, die overigens van peilbuis tot peilbuis varieert (wat wel te verwachten was, omdat de achtergrondverdroging het gevolg is van een veelheid aan oorzaken waarvan een deel een lokale oorsprong zal hebben, terwijl er ook regionale verschillen zijn, bijvoorbeeld tussen ruilverkavelingsgebieden). Afgezien van deze details bleek er geen systematisch verschil in achtergrondverdroging te bestaan tussen buizen die binnen en buizen de buiten de invloedssfeer van de winning staan.



Figuur 4: Geschat verloop van de achtergrondverdroging in de 17 meetpunten van figuur 3.

4. Check over de periode 1990-heden

17 buizen is wellicht weinig om een algemene conclusie te trekken. Over de periode 1990-heden zijn meer bruikbare meetreeksen beschikbaar - namelijk 26 - om het verloop van de achtergrondverdroging te bepalen. Hun dalende gedrag bleek over deze periode geheel overeen te stemmen met die van de 17 buizen die we al geanalyseerd hadden.

5. Opmerking

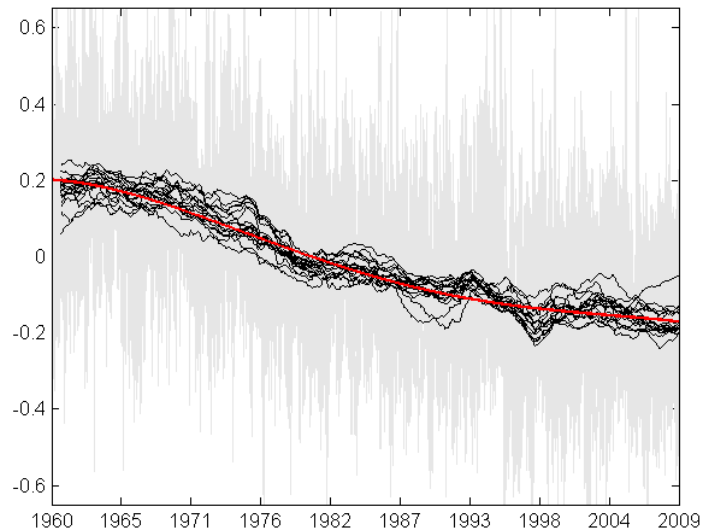
In ons eerdere memorandum schreven we dat de achtergrondverdroging in 1991 - gerekend ten opzichte van 1961) rondom buizen die noordelijk van de winning staan systematisch wat groter was dan rondom zuidelijk buizen. We hebben dat opnieuw gecheckt voor de hele analyse-periode. Het bleek dat er ook perioden zijn waarin de verhouding juist omgekeerd lag, zodat de achtergrondverdroging nu eens noordelijk van de winning sterker is, en dan weer zuidelijk van de winning. Wellicht heeft dit iets te maken met de tijdsvolgorde van grootschalige cultuurtechnische werken.

6. Algebraïsche benadering

Voor praktisch gebruik kan het verloop van de achtergrondverdroging beschreven worden door

$$av(t) = -1.1 \times 10^{-17} t^4 + 4.8 \times 10^{-13} t^3 - 6.0 \times 10^{-9} t^2 - 4.0 \times 10^{-6} t + 0.02$$

(zie figuur 5, rode lijn) waarin de tijd t gerekend wordt in dagen sinds 1 januari 1960. Deze formule mag niet buiten het bereik 1961-2009 toegepast worden! Het gaat hierbij om de *vorm* van de lijn; de absolute hoogteligging is afhankelijk van het tijdstip waarop men besluit om de achtergrondverdroging nul te stellen. (Enige tijd geleden is al bepaald om daarvoor 1 januari 1971 te kiezen).



Figuur 5: Benadering van het verloop van de achtergrondverdroging door een vierdegraads kromme.

7. Achtergrondverdroging in de freatische aquifer

Tot nu toe hebben we gesproken over het verloop van de achtergrondverdroging in de watervoerende laag waaraan de winning zijn water onttrekt. Voor de schadeberekening is het echter van belang om de achtergrondverdroging van de ondiepe (freatische) grondwaterstand te kennen. Jammergenoeg was het niet mogelijk om eenzelfde analyse uit te voeren voor freatische filters, omdat we de invloed van de winning daarin nog niet kennen, zodat we winning en achtergrondverdroging daar niet uit elkaar kunnen houden. Om het verloop van de achtergrondverdroging in het freatische grondwater te vinden moeten we een omweg bewandelen:

Binnen bepaalde grenzen van nauwkeurigheid is het wel mogelijk gebleken om per onderscheiden "schadevlak" de freatische achtergrondverdroging omstreeks 1971 en in 2011 vast te stellen. Hoe we daarmee zijn omgegaan is uiteengezet in een andere nota, die u inmiddels ontvangen hebt ¹. Net zoals in de winningsaquifer varieert de freatische achtergrondverdroging van punt tot punt. We zullen de rode lijn van figuur 6 gebruiken om het tijdsafhankelijke verloop tussen die tijdstippen te reconstrueren. (Dit werk is nog niet gereed). Omdat de achtergrondverdroging van plaats tot plaats verschilt, zullen we daarbij de verticale schaal van de grafiek steeds zo aanpassen dat het verschil tussen 1971 en 2011 klopt.

8. Samenvatting

In een voorgaand memorandum hebben we de invloed van de winning en die van de achtergrondverdroging gescheiden. Als bijkomend resultaat vonden we dat er tussen 1961 en 1991 in de watervoerende laag waaraan de winning water onttrekt een "stijghoogte"-daling van ca 30 cm is opgetreden die aan andere oorzaken dan de winning is toe te schrijven. Omdat het voor de schadeberekening van belang is om het *verloop* van de achtergrondverdroging *in de tijd* te kennen, is in dit memorandum uiteengezet hoe we dat verloop bepaald hebben. Aangezien de waarnemingsreeksen van de grondwaterstand in de freatische watervoerende laag voor dit doel niet geschikt waren, hebben we de analyse uitgevoerd voor de diepere watervoerende laag, waaraan de winning zijn water onttrekt. Het resultaat suggereert dat de achtergrondverdroging in de loop der tijd aan het afnemen is. Dit gedrag zullen we als leidraad hanteren om het tijdsverloop van de achtergrondverdroging in freatische watervoerende laag te reconstrueren.

¹ De nota is getiteld: Methode voor de vaststelling van verlagingen van het freatische vlak met behulp van grondwatertrappen